

Patent number: JP4293232 (A)

Publication date: 1992-10-16

Inventor(s): JIYOSEFU UIRIAMU BATSUKUFUERAA; SAIRETSUSHIYU CHITSUTEIPETSUDE; SAIRETSUSHIYU MANSHIN MAACHIYA *

Applicant(s): AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH *

Classification:

- **international:** C23C14/34; C23C14/50; C23C14/54; C23C16/12; C23C16/46; C23C16/50; H01L21/28; H01L21/285; H01L21/3205; H01L21/768; C23C14/34; C23C14/50; C23C14/54; C23C16/06; C23C16/46; C23C16/50; H01L21/02; H01L21/70; (IPC1-7): C23C14/34; C23C16/12; C23C16/46; C23C16/50; H01L21/285; H01L21/3205

- **europaen:** C23C14/50; C23C14/54B; H01L21/285B4F; H01L21/768C4

Application number: JP19910336447 19911219

Priority number(s): US19900629925 19901219

PILE-UP OF METAL

Abstract of JP 4293232 (A)

PURPOSE: To provide a method and apparatus for depositing an antireflection film for preventing rainbow effect and the spike formation in a metal below the film regarding a method of formation of a metal layer during an integrated circuit manufacturing process, and more specifically depositing Al or other metal to fill up holes. **CONSTITUTION:** A wafer or substrate 11 is preheated at about 200 deg.C, then set in an atmosphere of about 350 deg.C, to start depositing a metal 131, and an obtd. metal layer 131 has a gradually increasing grain size.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-293232

(43) 公開日 平成4年(1992)10月16日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/285	3 0 1 L	7738-4M		
C 2 3 C 14/34		8414-4K		
16/12		7325-4K		
16/46		7325-4K		
		7353-4M		
			H 0 1 L 21/88	B

審査請求 未請求 請求項の数12(全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平3-336447

(22) 出願日 平成3年(1991)12月19日

(31) 優先権主張番号 6 2 9 9 2 5

(32) 優先日 1990年12月19日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

アメリカン テレフオン アンド テレグラ
フ カムパニー

AMERICAN TELEPHONE
AND TELEGRAPH COMPA
NY

アメリカ合衆国、ニューヨーク、ニューヨ
ーク、マディソン アヴェニュー 550

(72) 発明者 ジョセフ ウィリアム バックフエラー
アメリカ合衆国 18104 ペンシルヴァニア、ア
レントウン、リヴィングストン ス
トリート 3030

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

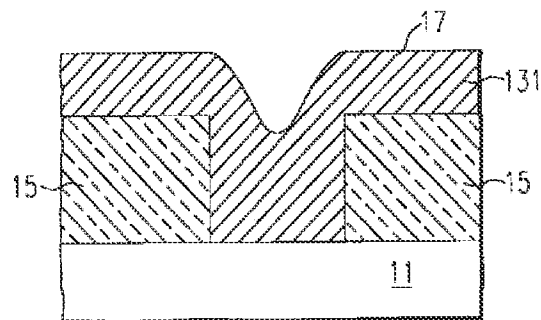
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属の堆積方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 集積回路製作工程中の金属層の形成方法、より具体的には開孔が完全に充てんされるようなアルミニウム又は他の金属の堆積方法に関し、虹効果を防止し、被膜の下の方金属中へのスパイク形成を防止するための反射防止被膜の堆積方法及び装置を提供。

【構成】 ウエハ又は基板11は約200℃の温度に予備加熱される。次にウエハ11は約350℃の雰囲気中に置かれ、その一方金属131の堆積が始る。得られる金属層131は徐々に増加する粒径をもつ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板（たとえば11）上に金属（たとえば131）を堆積させる工程を含む半導体デバイスの製作方法において、前記基板（たとえば11）を第1の温度に予備加熱する工程；第2のより高い温度における雰囲気の前記基板を加熱する工程及び前記基板（たとえば11）の温度が前記第2の温度に向って上昇するとともに、前記金属（たとえば131）を堆積させることを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法において、前記第1の温度は150-200℃である方法。

【請求項3】 請求項1に記載の方法において、前記第2の温度は350-400℃である方法。

【請求項4】 請求項1に記載の方法において、前記堆積は約50秒の時間中に起る方法。

【請求項5】 請求項1に記載の方法において、前記金属（たとえば131）はアルミニウムである方法。

【請求項6】 請求項1に記載の方法において、前記金属（たとえば131）はシリコン及び銅から成るグループから選択された1ないし複数の材料を伴ったアルミニウムである方法。

【請求項7】 請求項1に記載の方法において、前記金属（たとえば131）はタングステン、モリブデン及び銅から成るグループから選択される方法。

【請求項8】 請求項1に記載の方法において、前記金属（たとえば131）はスパッタリング又は物理的な気相堆積により堆積させる方法。

【請求項9】 請求項1に記載の方法において、前記堆積させる金属（たとえば131）上に反射防止被膜を堆積させる工程が含まれ、反射防止被膜の前記堆積は、一定温度に保たれた支持構造（たとえば35）上に起る方法。

【請求項10】 請求項9に記載の方法において、前記反射被膜は基本的にシリコンを含む方法。

【請求項11】 請求項9に記載の方法において、前記支持構造は前記基板を支持するためのブロック（たとえば23）を含み、前記ブロックは前記ブロック（たとえば23）を冷却するための手段（たとえば37）を含む方法。

【請求項12】 請求項11に記載の方法において、前記ブロック（たとえば23）は平坦部分（たとえば35）を囲む盛り上った端部（たとえば27）を有し、前記盛り上った端部（たとえば27）は前記基板（たとえば21）の周縁の支持となり、前記平坦部と前記基板の間には間隙があり、前記ブロックを冷却するための前記手段（たとえば37）は液体冷却剤を含むための少くとも1つのチャンネル（たとえば27）を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】技術分野

本発明は集積回路の製作、より具体的には集積回路製作

工程中の金属層の形成方法に係る。

【0002】本発明の背景

一般的な集積回路製作は、適当な基板上のトランジスタというような能動デバイスの形成をしばしば含む。能動デバイスは次に、誘電体材料で被覆される。しばしば“窓”又は“孔”とよばれる開孔が、誘電体中に生成される。次に、導電性材料、典型的にはアルミニウム（及びシリコン又は銅の一方又は両方を含むような合金）を含む金属をしばしばスパッタリング又は物理的な気相堆積により堆積させるか、化学気相堆積によりタングステンを、誘電体上及び開孔内に層状に堆積させる。

【0003】反射防止被覆（ARC）（通常シリコン）をリソグラフィを容易にするために、導電体上に堆積させる。次に、個々のデバイス間の導電性ランナを形成するために、導電体はパターン形成される。

【0004】寄生的な反射が発生し、その後のリソグラフィの妨げにならないように、反射防止被膜の厚さは比較的均一に保つことが重要である。また、どのような導電性材料を堆積させたとしても、下のデバイスとランナ（及び最終的には回路中の他のデバイス）間の良好な電気的接触を確実にするため、開孔を適切に満すことも重要である。

【0005】アルミニウムはしばしば導電性ランナ用の材料として用いられる。集積回路中のアルミニウムランナの特性は、アルミニウムランナが形成される条件にかなり依存することが見出されている。

【0006】各種の要因がアルミニウム層の堆積に影響を与える可能性がある。それらの要因のいくつかについて、以下で議論する。近年、応力で誘起された空孔が、アルミニウム線の主な故障モードであることが報告されている。応力誘起空孔は酸化物又は窒化物不活性化層の堆積に続く冷却中、アルミニウム線内に発生する引張り応力による。金属堆積温度を高くすると、応力誘起空孔に伴う問題が軽減されることが見出されている。

【0007】しかし、堆積温度を高くすると、新しい問題、すなわち開孔及び窓中に堆積させたアルミニウム層が引き戻されるということが起りうる。引き戻し現象（図1に概略的に示されている）は、堆積温度が高くなるとともに、悪化する。

【0008】先に述べたように、アルミニウムを堆積させた後、ARCがアルミニウムの上部表面上に形成される。ARCは一般にホウ素ドーパモルファスシリコンである。もし、アルミニウム／ARCの組合せを加熱すると、シリコンARCはアルミニウム中に移動する傾向がある。従って、ARCの厚さは変る。ARCの厚さの変化は“虹効果”、すなわち厚さの変化するシリコンARCから生じる多色反応で証明される。しかし、比較的一定のARCを保つことは、均一な線幅を達成するための以下のリソグラフィ工程を成功させるために重要である。

【0009】本発明の要約

本発明は開孔充てん問題及び虹効果スパイクの問題の両方を解決するのに役立つ。本発明は応力誘起空孔を悪化させることなく、開孔を適切に満すことを確実にする助けとなる。たとえば、本発明は開孔をもち誘電体層を有する集積回路を含む。開孔はそれを貫いて粒径が徐々に増す金属で、本質的に満される。

【0010】もう1つの実施例は、金属を堆積させるための製法方法を含み、それは基板を第1の温度に予備加熱し、次に第2のより高い温度における雰囲気中に基板を露出させ、基板の温度を第2の温度に上げながら金属を堆積させることを含む。例としてあげたプロセスでは、徐々に粒径が増す金属の形成が可能になる。このように開孔中に堆積させた金属は、適切に開孔を満す傾向があり、引き戻しを示す傾向はない。

【0011】ARC中の虹効果の問題に関しては、本発明はARCの堆積中一定温度に保たれた支持構造を設けることにより、虹効果を防止する助けをする。

【0012】詳細な記述

引き戻し現象の説明が図1になされている。参照数字11は基板をさし、それはたとえばドーパントを含むかあるいは含まないシリコン又はエピタキシャルシリコンでよい。(参照数字11はまた、導電性ランナもさす。)誘電体15は通常基板11を被覆する。孔又は窓でよい開孔17が、誘電体15中に存在する。たとえばアルミニウム又は銅あるいはシリコンとアルミニウムの混合物でよい導電体層13が、誘電体15上に堆積されている。導電体13が孔又は窓17を満すことが望ましい。しかし、図からわかるように、堆積したばかりの導電体薄膜13は孔又は窓17を完全に満していない。誘電体15の一部21は基板11の一部とともに、導電体層13により被覆されていない。引き戻し現象は導電体層13から形成されたランナと基板11間の良好な電気的接触の形成を妨げる。

【0013】アルミニウム(及び他の金属)の粒径は、温度の上昇とともに増すことが知られている。アルミニウムを堆積させる温度が高くなるとともに、最初の核は大きくなる傾向にある。もし核が17のような孔又は窓の最上部付近で合体すると、それらは壁を隠し、更に堆積するのを妨げる。図1において、参照数字22により示された点付近で大きな核が合体すると、表面19及び21上に導電体が被覆するのを妨げる可能性がある。不完全な充てんは、“引き戻し”と呼ばれる。

【0014】ULSI用のアルミニウム・メタライゼーション、ソリッド・ステート・テクノロジー、73-79頁、1990年3月のプラマニク(Pramanik)らの文献は、引き戻しの問題は2段階堆積プロセスによって解決される可能性があることを示唆している。そのプロセスでは、アルミニウムの薄い核形成層を、最初低温で堆積させ、次に薄膜の残りの部分をより高い温度で堆積させ

る。しかし本出願人らの調査により、2段階プロセスを用いた時、引き戻し問題はなお存在することが示された。プラマニク(Pramanik)らの技術は、基板を一定の第1の温度においてその雰囲気と熱平衡におき、その後第1の堆積工程を行うことが必要であることを認識すべきである。次に、ウエハは第2のより高温の雰囲気と熱平衡にし、第2の堆積を行う。2回の別々の堆積工程は、ウエハが2度その雰囲気と熱平衡に達した後行われる。

【0015】出願人らは引き戻し問題はウエハ温度が上昇し、その雰囲気と第2の熱平衡に近づくとともに、連続的に金属を堆積させることによって軽減しうることを見出した。ウエハ温度の上昇とともに連続堆積により、粒径の大きさが非常にゆっくり増加し、そのため引き戻しを防止する助けとなり、薄膜の質を改善することになる。

【0016】本発明のプロセスはバリアンアソシエーツ社製のモデル3180及び3190のようなスパッタ堆積装置中で行ってもよい。物理的な気相堆積装置のような他の装置を用いてもよい。最初ウエハは150℃ないし200℃、好ましくは約200℃の温度の雰囲気中に置かれる。ウエハは雰囲気と熱平衡になることが可能である。単一チャンバ多ステーション・バリアン機中で、3ステーションの1つにおいて予備加熱をしてもよい。次に、ウエハは(真空を破ることなく)もう1つのステーションに移され、その中のヒーター温度は350℃ないし400℃、好ましくは約350℃である。ウエハとヒーターが熱平衡となることは許されない。代って、アルミニウム又はシリコンあるいは銅の一方又は両方を含むアルミニウム合金(典型的な場合、約0-2%シリコン及び0-4%銅)のスパッタ堆積が始る。約50秒後、約10000の層が堆積する。もしより長い堆積時間を用いるなら、より厚い層が生じるであろう。ウエハの温度が上昇し、雰囲気温度に近づくにつれ、堆積したアルミニウムの粒径は、大きくなる傾向がある。最初の小さな粒径は、表面21及び19を含む図1中の誘電体15の露出した表面を被覆する層を生成する傾向がある。その後形成される大きな粒径は、開孔17を完全に満し、従って図2に描かれたものと同様の充てんされた開孔が生じる。得られた薄膜は改善された充てんと、応力誘起空孔に対する十分な抵抗を示す。

【0017】もし必要ならば、チタン、チタン窒化物又はタングステンの層を、アルミニウム堆積前に堆積させてもよい。これら他の金属の堆積は、低温で行ってもよい。従って、上で述べた“予備加熱”工程は、もし必要ならばアルミニウム層に余分の金属層を堆積させるために用いても有利である。

【0018】本発明の技術は、アルミニウム、タングステン、モリブデン及び銅とこれらの材料を多く含む合金のように、スパッタリング又は化学気相堆積で形成されるすべての金属に適用しうる。

【0019】本発明の技術はクラスタ機のような多チャ
ンパ堆積装置にも適用される。堆積チャンパ中でウエハ
を温度傾斜をつけて加熱することが必要である。

【0020】虹効果問題に転じると、出願人らは生成プ
ロセス中、シリコンARCをアルミニウム層上にスパッ
タ堆積させた時、シリコンはアルミニウム中に移動し、
先に述べた虹効果現象を発生させる可能性のあることに
気がついた。虹効果又は移動は、生産ロットの最初の数
ウエハでは起らない可能性がある。しかし、虹効果又は
移動は、いくつかのウエハを処理した後、しばしば観測
される。発生する理由は、ウエハ支持装置がスパッタ堆
積プロセス中、加熱されることにある。比較的冷たい機械
中で加工される第1のウエハは、虹効果を示さない。い
くつかのウエハ上にスパッタ堆積している間に、ウエハ
支持装置は温度が上がり、熱はその後ウエハに移り、従っ
て虹効果又はスパイクが誘起される。

【0021】たとえばスパッタリングにより材料を堆積
させる間、ウエハを支持するのに共通して用いられる装
置の一部が、図3に描かれている。ウエハ21は図示さ
れていないリング及びクリップにより、ブロック23上
に支持されている。しかし、ウエハ21の外側の端部2
5は、ブロック23の縁27に接触している。

【0022】アルゴンのような不活性ガスが孔29を貫
いて流れ、ウエハ21の下面のほとんどと接触する。加
熱してもよいガスはパイプ31を貫いて流れ、そこで毛
細管（図示されていない）により孔29に導かれる。ガ
スはウエハ21の端部付近で孔29を貫いてのみ入れら
れるから、熱勾配がウエハ全体に生じうる。熱勾配が存
在するということは、ウエハの一部には堆積に適した条
件が存在し、ウエハの別の一部には堆積にはあまり適さ
ない条件が存在しうることを意味する。

【0023】更に、ウエハ21の下面33、不活性ガス
及びブロック23の上面35を含む熱対流プロセスが、
しばしば起る。（先に述べたように、ブロック23の上
面35はウエハ21の下面33とは接触していないことを
思い出して欲しい。）

【0024】上で述べた熱対流プロセスは、たとえば図
2中の層17のようなアルミニウムの堆積後、典型的な
場合ホウ素ドーパモルファスシリコンである反射防止
被膜のスパッタ堆積中、特に重要となる。

【0025】集積回路の製作中、ウエハの一定した流れ
が、アルミニウム上のARCのために、図3に示された
ような装置中に置かれる。必然的にブロック23の温度
は上昇する。その結果、最初に加工されるウエハは、1
時間又はその程度の後に加工されるウエハより低い温度
雰囲気を経験する。これらの後に加工されるウエハは、
高温ブロック23とウエハの下面33間の対流のため、

より高い温度を経験する。

【0026】ブロックの温度が上昇すると、ウエハ内に
熱勾配が生じ、それは先に述べたように、アルミニウム
の堆積に悪影響を及ぼす可能性がある。ウエハの温度が
上昇すると、ARCが下のアルミニウム中に移動する可
能性がある。

【0027】場合によっては、実施の際ARC堆積前に
別々の冷却過程が用いられる。別々の冷却過程は、AR
C堆積中ブロックの加熱により誘起された温度上昇の問
題を軽減する効果はない。

【0028】本出願人はブロック23内で、ブロック2
3の表面35の近くに冷却コイル37を導入することに
より、ブロック加熱の問題を解決した。コイル（それを
通して各種の気体及び水を含む液体冷却剤を流してよ
い）は、スパッタプロセスにより生じる熱にたえずさら
される長時間の生産工程中ですら、表面35の温度を比
較的一定に保つ助けをする。表面35上の温度を比較的一
定に保つと、以下の助けとなる。

a) ウエハ21全体の熱勾配を減少あるいは除去し、す
べてのウエハの温度を確実に一定にするよう助けること
によって、先に述べたアルミニウム堆積プロセスを改善
する。

b) 生産ロット中の各ウエハが同じ温度をみることを確
実にし、そのためシリコン移動及び虹効果を除く助けを
することにより、反射防止被膜のその後の堆積を改善す
る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の利点を描く断面図である。

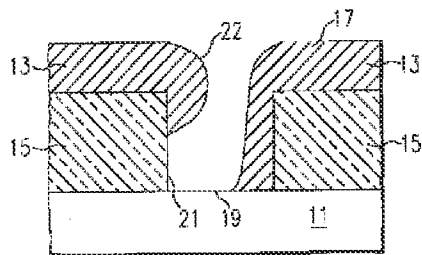
【図2】本発明の実施例の利点を描く断面図である。

【図3】本発明の別の実施例を、一部透視図で、一部断
面図で示す図である。

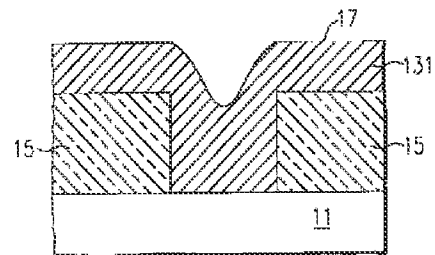
【符号の説明】

- 11 基板
- 13 導電体層、導電体、導電体薄膜
- 15 誘電体
- 17 開孔、窓
- 19 表面
- 21 表面、ウエハ
- 23 ブロック
- 25 端部
- 27 縁
- 29 孔
- 31 パイプ
- 33 下面
- 35 上面、表面
- 37 冷却コイル
- 131 (Claim 及びAbstract中) 金属、金属層

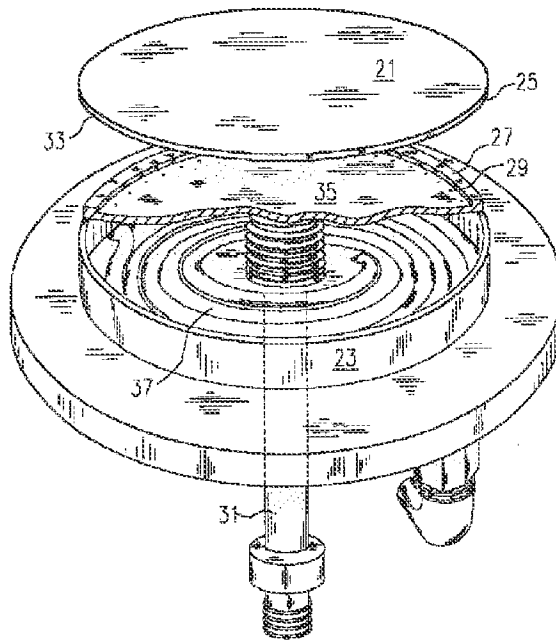
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.³

C 2 3 C 16/50

H 0 1 L 21/285

21/3205

識別記号

庁内整理番号

7325-4K

S 7738-4M

F I

技術表示箇所

(72)発明者 サイレツシユ チツテイベツデイ
アメリカ合衆国 18052 ペンシルヴァニア,
ホワイトホール, アルタ ドライヴ
ー 8 1580

(72)発明者 サイレツシユ マンシン マーチヤント
アメリカ合衆国 18017 ペンシルヴァニア,
ベスレヘム, スプリング コート
2514